

ривая двухцилиндровый двигатель ДВС, переделанный в двигатель Стирлинга при помощи нагревателей, регенератора и холодильника с диаметром и ходом поршня 50 мм, средним давлением рабочего тела в двигателе 0,3 МПа и частоте вращения 1500 об/мин, получаем:

$$P = 0,15 \cdot p \cdot f \cdot V_0 = 0,15 \cdot 0,3 \cdot (1500 / 60) \cdot (\pi / 4) \cdot 5^2 \cdot 5 = 110 \text{ Вт}.$$

Вполне вероятно, что мощность механического трения в данном варианте будет превышать эффективную мощность двигателя. Аналогичное приближенное выражение можно использовать и для эффективного КПД двигателя. Вследствие постоянного усовершенствования конструкций и снижения производственных затрат необходимо осторожно подходить к оценке эффективности двигателей. Если принять значение эффективного КПД на уровне 40-50 % термического КПД цикла Карно [1], то эффективный КПД двигателя может быть выражен как:

$$\eta_e = \frac{\text{эффективная мощность}}{\text{подводимая теплота}} = 0,5 \cdot (T_{\max} - T_{\min}) / T_{\max}. \quad (2)$$

В обычных двигателях используется конструкционная сталь, способная выдерживать температуру в 600 °С и водяное охлаждение (20 °С). Рассматривая данный случай, получим:

$$\eta_e = 0,5 \cdot (873 - 293) / 873 = 33\%.$$

Рассмотренные приближенные методы расчета эффективных значений мощности и КПД пригодны для предварительной оценки, но, тем не менее, они позволяют получить ориентировочное представление об основных параметрах двигателя и могут быть полезны для обсуждения новых конструкций и для начинающих работать в этой области.

Библиографический список

1. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.
2. Кириллов Н.Г. Производство машин Стирлинга – новое перспективное направление в развитии отечественного машиностроения // Вестник машиностроения. 2005. № 8. С. 3-8.
3. Что такое «машин Стирлинга»? [Электронный ресурс] URL: http://www.stirling.ru/stirling_rus.html

АМОРФНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ

*Лопатин А.С., Лопатин И.С., Пирумян Н.М.
УрФУ, sarapulovfn@yandex.ru*

Энергоэффективность, экологичность, экономичность – тренды современной электроэнергетики. Среди мероприятий, обеспечивающих решение поставленной задачи, важное место занимает энергосбережение на базе применения материалов нового поколения [3].

К таким материалам следует отнести сплавы, не имеющие кристаллического строения и названные аморфными. В обычных металлах атомы упакованы в кристаллических решётках подобно апельсинам в ящике. В аморфных твердых телах атомы существуют в некотором беспорядке, рис. 1.

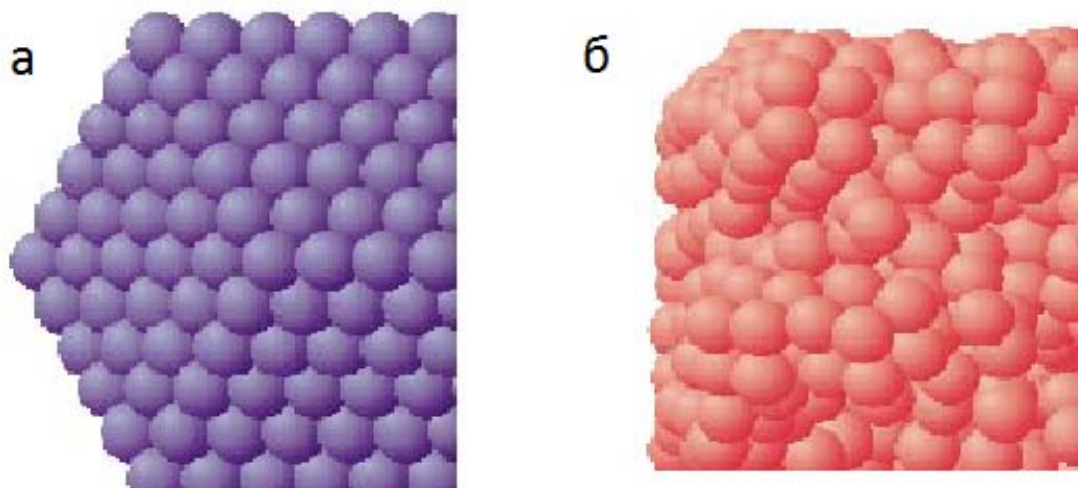


Рис. 1. Атомарная структура металла:
а – кристаллическая, б – аморфная

Метод получения аморфных сплавов был разработан и впервые применен в 1960 году в Калифорнийском технологическом институте.

Технологическая схема получения аморфных лент приведена на рис. 2. Как только расплав попадает на вращающийся диск, он резко охлаждается (скорость охлаждения составляет приблизительно 10^6 К/с), он имеет схожесть с аморфной структурой стекла и принимает форму ленты толщиной $15 \div 60$ мкм, как показано на рис. 2.

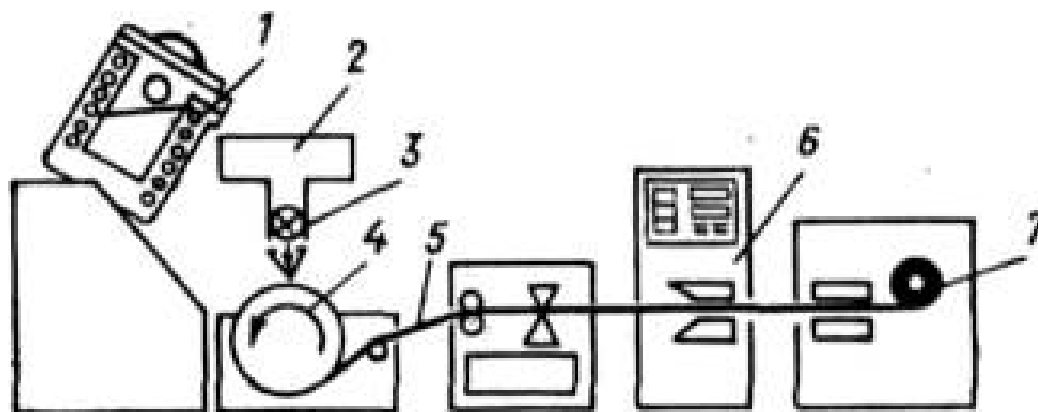


Рис. 2. Схема установки для получения аморфных лент [2]:
1 – индукционная печь для планки металла; 2 – резервуар для металла;
3 – дозировочный аппарат; 4 – вращающийся барабан; 5 – полученная и в течение 1 мс
аморфная лента; 6 – контрольные приборы; 7 – намотка ленты на барабан

Из получившейся ленты идет изготовление магнитопроводов, путем набора в стержни, навивания в кольцевые сердечники или производства U-образных сердечников.

В 1988 году инженерами фирмы Hitachi Metals впервые был разработан так называемый нанокристаллический сплав. Структурная модель аморфно-кристаллического состояния, приведена на рис. 3, где 1 – нанокристаллы; 2 – переходная область; 3 – прослойки аморфной фазы.

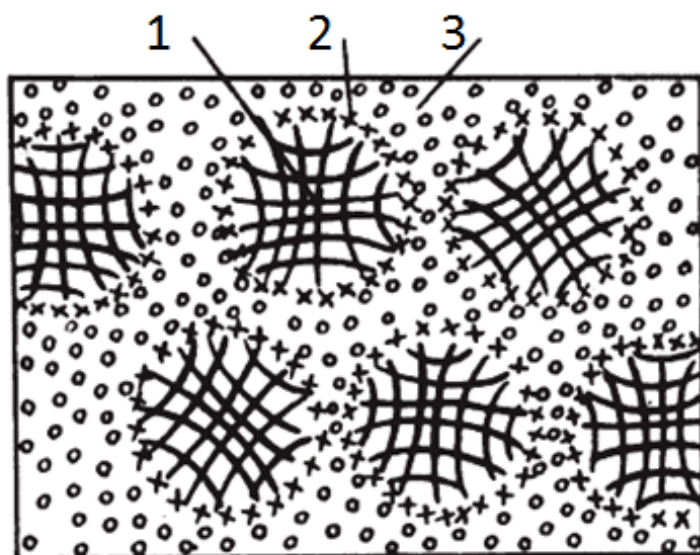


Рис. 3. Структурная модель аморфно-кристаллического состояния [3]

Наибольшую магнитную проницаемость и наименьшую коэрцитивную силу полоса с нанокристаллической структурой получает благодаря расположению кристаллитов диаметром от 10 до 20 нм по всей магнитопроводной ленте сердечника.

Одним из главных преимуществ металлических стекол можно назвать их исключительные антикоррозийные свойства. Многие из аморфных сплавов по этому показателю даже опережают лучшие марки нержавеющей стали.

За счет своих физических свойств магнитопроводы, изготовленные из аморфных сплавов, широко применяются в метрологии, а именно при конструировании измерительных трансформаторов напряжения и тока, а также при изготовлении силовых трансформаторов, в магнитопроводах которых обычно применяют сложенную в пятеро ленту из аморфного сплава (железо – 78 %, бор – 13 % и кремний – 9 %) [1].

Применение аморфных сплавов в силовых и распределительных трансформаторах даёт экономический выигрыш в результате резкого снижения уровня магнитных потерь в условиях роста цен на энергоресурсы. Это обстоятельство является решающим фактором, определяющим целесообразность применения аморфных сплавов.

У нас в стране производится в год около 1064 млрд кВт·ч электроэнергии. На своем пути до потребителя электрический ток не менее четырех раз проходит через электротехнические устройства – генераторы, трансформаторы, электродвигатели. И везде магнитные потери. Если сократить их вдвое только в сердечниках, это составит экономию 20 млрд кВт·ч. А некоторые марки металлических стекол сокращают потери не в 2, а в 3-4 раза. Так что интерес к новым материалам понятен и оправдан. К этому необходимо еще добавить, что из-за более низкой, чем у сталей, электропроводности для металлических стекол частично или полностью отпадает необходимость в изоляции пластин в пакетах сердечников. А это означает уменьшение габаритов и повышение к.п.д. электрических машин. Не менее привлекательны механические свойства металлических стекол. Аморфный металл в среднем в 5-7 раз прочнее своего кристаллического аналога. Например, сплав Fe80B20 имеет прочность на разрыв 370 кгс/мм² – в десять раз прочнее железа, вдвое прочнее лучших легированных сталей. А, например, потери в сердечниках из разработанного в Японии аморфного сплава Fe81B13Si4C2 примерно в 20 раз ниже, чем в текстурированных листах трансформаторной стали.